

DOCKET NO.: 265134US2PCT

#2

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Toshio GOTO, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP03/09241

INTERNATIONAL FILING DATE: July 22, 2003

FOR: APPARATUS AND METHOD FOR GENERATING WAVELENGTH-TUNABLE SHORT PULSE

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Commissioner for Patents  
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

**COUNTRY**  
Japan**APPLICATION NO**  
2002-219278**DAY/MONTH/YEAR**  
29 July 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/JP03/09241. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423

Customer Number  
**22850**

(703) 413-3000  
Fax No. (703) 413-2220  
(OSMMN 08/03)

10/523080  
Rec'd PCT/PTO 27 JAN 2005  
PCT/JP03/09241

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

22.07.03  
REC'D 05 SEP 2003  
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年   7 月 2 9 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 2 1 9 2 7 8  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 2 - 2 1 9 2 7 8 ]

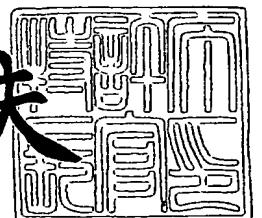
出   願   人      科学技術振興事業団  
Applicant(s):

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年   8 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 8 6 5 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 02JST66

【提出日】 平成14年 7月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02F 1/35

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県日進市五色園 3 - 2 1 1 0

    【氏名】 後藤 俊夫

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県名古屋市中熱田区大宝 2 - 4 - 4 3 白鳥住宅 5 - 3 4

    【氏名】 西澤 典彦

【特許出願人】

    【識別番号】 396020800

    【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

    【代表者】 沖村 憲樹

【代理人】

    【識別番号】 100089635

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 清水 守

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 012128

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0013088

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長可変短パルス発生装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 超短パルス光源と、  
(b) 該超短パルス光源の出力の特性を調整する光特性調整器と、  
(c) 該光特性調整器からの出力を入射し、ソリトン効果とラマン散乱による非線形光学効果によって波長可変超短パルス光を生成し、さらに 3 次の非線形光学効果によって、前記波長可変超短パルス光の第 3 高調波を生成する光ファイバとを具備することを特徴とする波長可変短パルス発生装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光特性調整器が光強度調整器であることを特徴とする波長可変短パルス発生装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光強度調整器により前記光ファイバへの入射光強度を変化させることにより、パルス光の波長を変位させ、前記第 3 高調波の波長を制御することを特徴とする波長可変短パルス発生装置。

【請求項 4】 請求項 1、2 又は 3 記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光ファイバの長さを変更することにより、パルス光の波長を変位させ、前記第 3 高調波の波長を制御することを特徴とする波長可変短パルス発生装置。

【請求項 5】

(a) 超短パルス光源の出力を光特性調整器を通して光ファイバに入射し、  
(b) 前記光ファイバにおけるソリトン効果とラマン散乱による非線形光学効果によって、波長可変超短パルス光を生成させ、  
(c) さらに前記光ファイバにおける 3 次の非線形光学効果によって、前記波長可変超短パルス光の第 3 高調波を生成させることを特徴とする波長可変短パルス発生方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の波長可変短パルス発生方法において、前記光特性調整器は光強度調整器であることを特徴とする波長可変短パルス発生方法。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 記載の波長可変短パルス発生方法において、

前記光強度調整器により前記光ファイバへの入射光強度を変化させることにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする波長可変短パルス発生方法。

【請求項8】 請求項5、6又は7記載の波長可変短パルス発生方法において、前記光ファイバの長さを変更することにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする波長可変短パルス発生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長可変短パルス発生装置及び方法に係り、特に光エレクトロニクス、光計測、分光、生体計測の分野において、光ファイバにおける非線形効果を用いて、波長可変短パルス光を生成し、さらにその波長可変短パルス光の第3高調波を生成し、短波長帯における波長可変短パルス光を生成する技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

本発明者らは、既に、光ファイバと超短パルス光源の組み合わせにより、波長可変短パルス光を生成する技術を開発した（特開2000-105394）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の従来の技術では、短波長の可視光波長領域パルス光を発生させることはできなかった。

【0004】

本発明は、上記状況に鑑みて、可視光波長領域における波長可変短パルス光を生成することができる波長可変短パルス発生装置及び方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕波長可変短パルス発生装置において、超短パルス光源と、この超短パルス光源の出力の特性を調整する光特性調整器と、この光特性調整器からの出力を入射し、ソリトン効果とラマン散乱による非線形光学効果によって波長可変超短パルス光を生成し、さらに3次の非線形光学効果によって、前記波長可変超短パルス光の第3高調波を生成する光ファイバとを具備することを特徴とする。

【0006】

〔2〕上記〔1〕記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光特性調整器が光強度調整器であることを特徴とする。

【0007】

〔3〕上記〔1〕又は〔2〕記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光強度調整器により前記光ファイバへの入射光強度を変化させることにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする。

【0008】

〔4〕上記〔1〕、〔2〕又は〔3〕記載の波長可変短パルス発生装置において、前記光ファイバの長さを変更することにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする。

【0009】

〔5〕波長可変短パルス発生方法において、超短パルス光源の出力を光特性調整器を通して光ファイバに入射し、前記光ファイバにおけるソリトン効果とラマン散乱による非線形光学効果によって、波長可変超短パルス光を生成させ、さらに前記光ファイバにおける3次の非線形光学効果によって、前記波長可変超短パルス光の第3高調波を生成させることを特徴とする。

【0010】

〔6〕上記〔5〕記載の波長可変短パルス発生方法において、前記光特性調整器は光強度調整器であることを特徴とする。

【0011】

〔7〕上記〔5〕又は〔6〕記載の波長可変短パルス発生方法において、前記光強度調整器により前記光ファイバへの入射光強度を変化させることにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする。

## 【0012】

〔8〕上記〔5〕、〔6〕又は〔7〕記載の波長可変短パルス発生方法において、前記光ファイバの長さを変更することにより、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長を制御することを特徴とする。

## 【0013】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

## 【0014】

図1は本発明にかかる波長可変短パルス発生装置の概念図である。

## 【0015】

この図において、1は超短パルス光源、2はこの超短パルス光源1に接続される光強度調整器、3はその光強度調整器2に接続される光ファイバである。

## 【0016】

超短パルス光源1の出力を光強度調整器2を通し、光ファイバ3に入射すると、光ファイバ3における非線形光学効果（ここではソリトン効果とラマン散乱の効果）によって波長可変超短パルス光が生成される。さらに、光ファイバ3における3次の非線形光学効果によって、波長可変超短パルス光の第3高調波が生成される。

## 【0017】

波長可変超短パルス光の波長は、光強度調整器2により光ファイバ3への入射光強度を変化させることによって変位させることができ、それによって前記第3高調波の波長も制御することができる。

## 【0018】

また、同様に光ファイバ3の長さを変更することによっても、パルス光の波長を変位させ、前記第3高調波の波長も制御することができる。

## 【0019】

第3高調波の生成について詳細に述べると、上記したように、光ファイバ3に超短パルス光を入射すると、ソリトン効果とラマン散乱とによって、波長可変超短ソリトンパルスが生成される。この波長可変超短ソリトンパルスの時間幅を短

くし、かつピーク強度を高くしてやることにより、3次の非線形効果によって波長が $1/3$ の第3高調波を発生させ、これを利用して可視光領域短波長を得ることができる。

#### 【0020】

図2は本発明の第1実施例を示す波長可変超短パルス発生装置のブロック図である。

#### 【0021】

この図において、11は超短パルス光源としてのフェムト秒ファイバレーザ、12はそのフェムト秒ファイバレーザ11に接続される光強度調整器、13はその光強度調整器12に接続されるチョッパー、14はそのチョッパー13に接続される定偏波ファイバ、15は定偏波ファイバ14に接続される分光器、16は分光器15に接続される光電子増倍管、17はチョッパー13および光電子増倍管16に接続されるロックインアンプ、18は分光器15およびロックインアンプ17に接続されるパーソナルコンピュータ（PC）である。

#### 【0022】

励起光源にはフェムト秒ファイバレーザ（超短パルス光源）11を用い、光強度調整器12は、波長板と偏光光分岐器を用いて構成した。また、定偏波ファイバ14にはコア径が $6\mu\text{m}$ と細い、偏波保持ファイバを用いた。

#### 【0023】

光強度調整器12の出力をチョッパー13に通し、定偏波ファイバ14に入射する。定偏波ファイバ14の出力は分光器15に通し、その出力を光電子増倍管16を用いて検出する。また、この光電子増倍管16からの出力をロックインアンプ17を用いて増幅する。ロックインアンプ17にはチョッパー13からの信号が入力される。ロックインアンプ17、分光器15はパーソナルコンピュータ18それぞれに接続し、自動計測システムを構築している。

#### 【0024】

図3は本発明の第2実施例を示す波長可変超短パルス発生装置のブロック図である。

#### 【0025】



この図においては、21は超短パルス光源としてのフェムト秒ファイバレーザ、22はそのフェムト秒ファイバレーザ21に接続される光強度調整器、23はその光強度調整器22に接続される波長板、24はその波長板23に接続される光ファイバ（短尺、細径）、25は波長フィルタ、26は分光器、27は光電子増幅器である。

#### 【0026】

このように、この実施例では、

①光ファイバ24の入射端には波長板23を配置し、偏光方向の調整（複屈折軸に平行になるよう）を行うことができる。

#### 【0027】

②また、光ファイバとして偏波保持ファイバを用いることにより、伝搬光の直線偏光を保持することができる。

#### 【0028】

さらに、光ファイバ24が短尺（10m以下）、細径（6 $\mu$ m以下）のものにて異常分散を実現させ、パルスを圧縮することによりピーク強度を上げることができる。

#### 【0029】

上記①と②の組み合わせで3次非線形効果を得ることができる。

#### 【0030】

更に、出力端に波長フィルタ25を配置し、第3高調波のみを選択することができる。

#### 【0031】

図4は本発明の実施例のソリトンスペクトルを示す図であり、横軸に波長（nm）、縦軸にスペクトル強度（相対単位）を示している。

#### 【0032】

ここでは、5mの光ファイバの出力において観測した、励起光と波長可変ソリトンパルスの光スペクトルを表している。励起光の長波長側にS e c h 2型の波長可変ソリトンパルスが生成される。ファイバへの入射光の強度は40mWである。

## 【0033】

図5は本発明の実施例の波長可変ソリトンパルス自己相関波形の観測結果を示す図であり、横軸に時間 (ps)、縦軸に強度 (相対単位) を示している。

## 【0034】

この図5に見られるように、Sech<sup>2</sup>型に対応する台座成分のない綺麗な波形が観測されている。対応する時間幅は74 fsである。

## 【0035】

図6は本発明の実施例で生成された第3高調波のスペクトルの観測結果を示す図であり、横軸に波長 (nm)、縦軸にスペクトル強度 (相対単位) を示している。

## 【0036】

図6において、図4に示したソリトンパルスの1/3の波長にパルススペクトルが生成されているのが分かる。

## 【0037】

図7は本発明の実施例で生成された第3高調波パルスの波長シフトのファイバ長依存性を示す図であり、横軸にファイバ長 (m)、縦軸にTHG (第3高調波パルスの) 波長 (nm) を示している。

## 【0038】

図7から明らかなように、ファイバ長が増加するに従って、ソリトン自己周波数シフトによって波長可変ソリトンの波長が長波長側にシフトしていく。それに伴って、生成される第3高調波パルスの波長も長波長側へとシフトしていく。第3高調波パルスの波長は、波長可変ソリトンパルスの波長の1/3であった。

## 【0039】

図8は本発明の実施例で生成される第3高調波パルスの波長のファイバ入射光強度依存性を示す図であり、横軸はファイバ入射光強度 (mW)、縦軸はTHG (第3高調波パルスの) 波長 (nm) を示している。

## 【0040】

図8から明らかなように、光ファイバへの入射光強度を増加させるにつれて、波長可変ソリトンの波長は線形に長波長側へとシフトしていく。それに伴って、

生成される第3高調波の波長も線型に長波長側へとシフトしていく。

【0041】

図9は本発明の実施例のファイバ表面から散乱された第3高調波の観測写真（代用図面）を示す図である。

【0042】

この図に示されるように、光ファイバにおけるパルス光の伝搬に伴って、ソリトンパルスの波長は単調に長波長側へとシフトしていく。それに伴って、生成される第3高調波も緑色、黄色、橙色から赤色へとシフトしていく。第3高調波の波長、あるいは色を観測することで、光ファイバにおけるパルス光の伝搬に伴うパルス光の波長シフトの様子を観測することができる。

【0043】

上記のように構成したので、可視できる程度に発色した第3高調波を得ることができ、光ファイバの伝達経路に応じて波長が変化していく様子を直接色を目で見て確認することもできるし、光ファイバ途中に周波数計を入れることによって確認できる。

【0044】

将来的には、光の三原色を一本のファイバで自由に出力する可能性を有しており、その効果は著大である。

【0045】

なお、上記実施例では、光源と光強度調整器は別個のブロックで図示しているが、光源と光強度調整器を一体化した機能を持たせるようになし、一個のブロックで包括するようにしてもよいことは言うまでもない。

【0046】

また、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0047】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、以下のような効果を奏することができる。

## 【0048】

(A) 可視波長帯において、入射光強度に対し連続して波長のシフトする波長可変短パルス光を生成させることができる。

## 【0049】

(B) 光ファイバにパルス光を通すだけで、第3高調波パルスを生成させることができる。

## 【0050】

(C) 光ファイバの伝搬に伴う波長可変ソリトンパルスの波長シフトの様子を容易に観測することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明にかかる波長可変短パルス発生装置の概念図である。

## 【図2】

本発明の第1実施例を示す波長可変超短パルス発生装置のブロック図である。

## 【図3】

本発明の第2実施例を示す波長可変超短パルス発生装置のブロック図である。

## 【図4】

本発明の実施例のソリトンスペクトルを示す図である。

## 【図5】

本発明の実施例の波長可変ソリトンパルスの自己相関波形の観測結果を示す図である。

## 【図6】

本発明の実施例で生成された第3高調波のスペクトルの観測結果を示す図である。

## 【図7】

本発明の実施例で生成された第3高調波パルスの波長シフトのファイバ長依存性を示す図である。

## 【図8】

本発明の実施例で生成される第3高波長パルスの波長のファイバ入射光強度依

存性を示す図である。

【図 9】

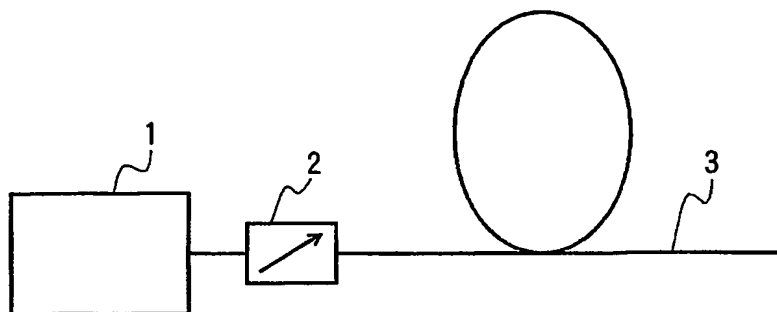
本発明の実施例のファイバ表面から散乱された第 3 高調波の観測写真（代用図面）を示す図である。

【符号の説明】

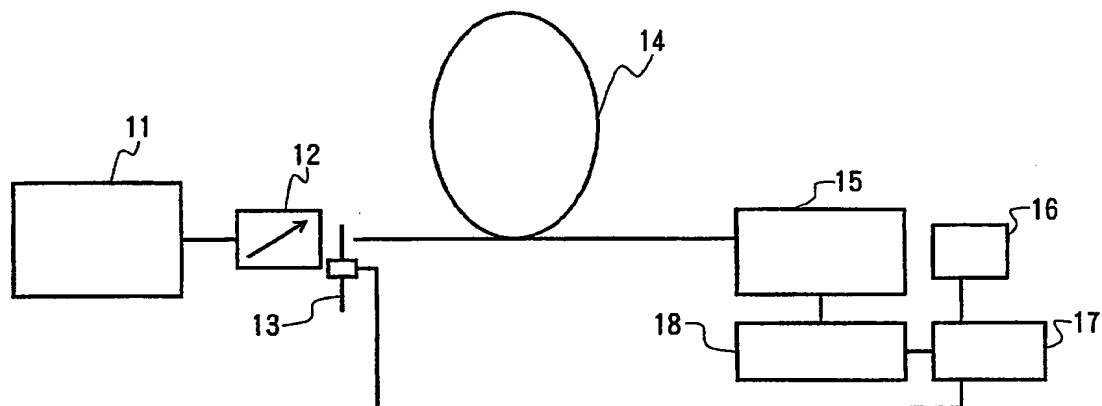
- 1 超短パルス光源
- 2, 12, 22 光強度調整器
- 3, 24 光ファイバ
- 11, 21 フェムト秒ファイバレーザー（超短パルス光源）
- 13 チョッパー
- 14 定偏波ファイバ
- 15, 26 分光器
- 16, 27 光電子増倍管
- 17 ロックインアンプ
- 18 パーソナルコンピュータ（PC）
- 23 波長板
- 25 波長フィルタ

【書類名】 図面

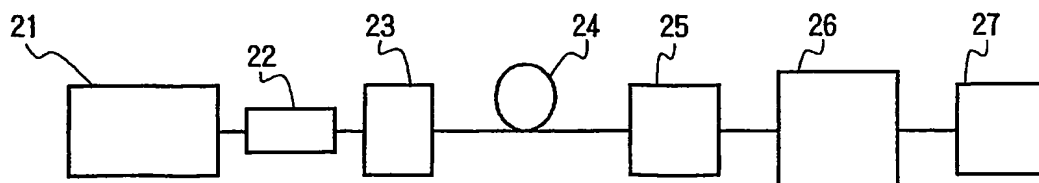
【図 1】



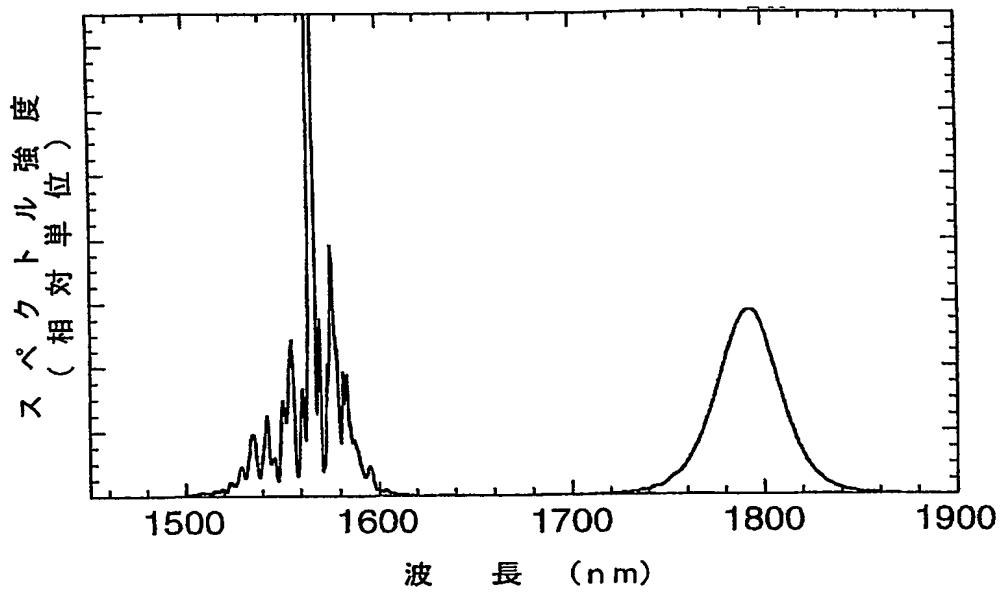
【図 2】



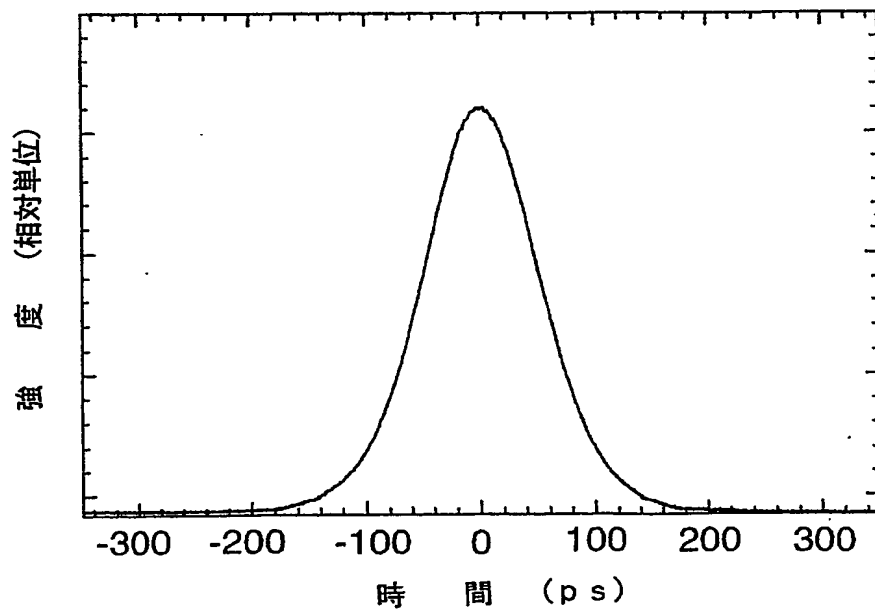
【図 3】



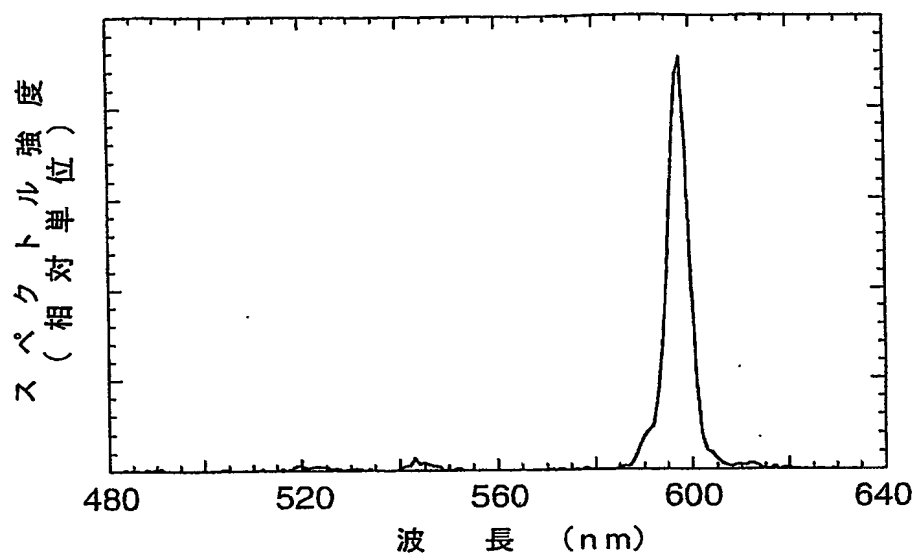
【図 4】



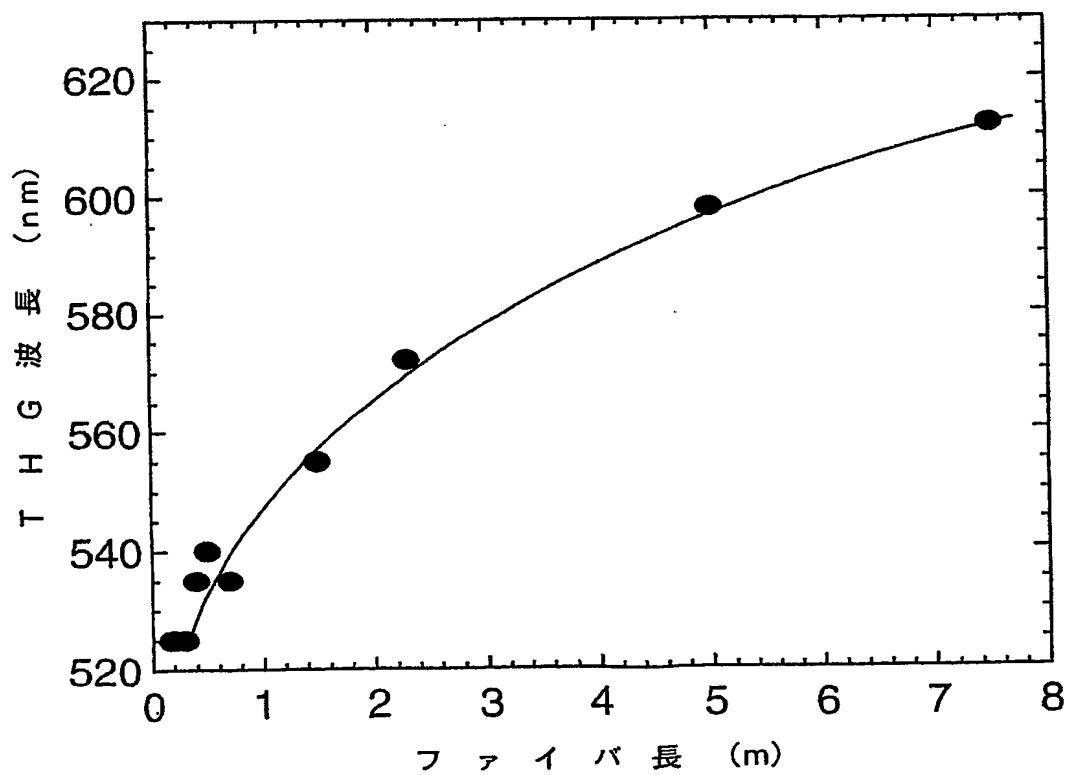
【図 5】



【図 6】

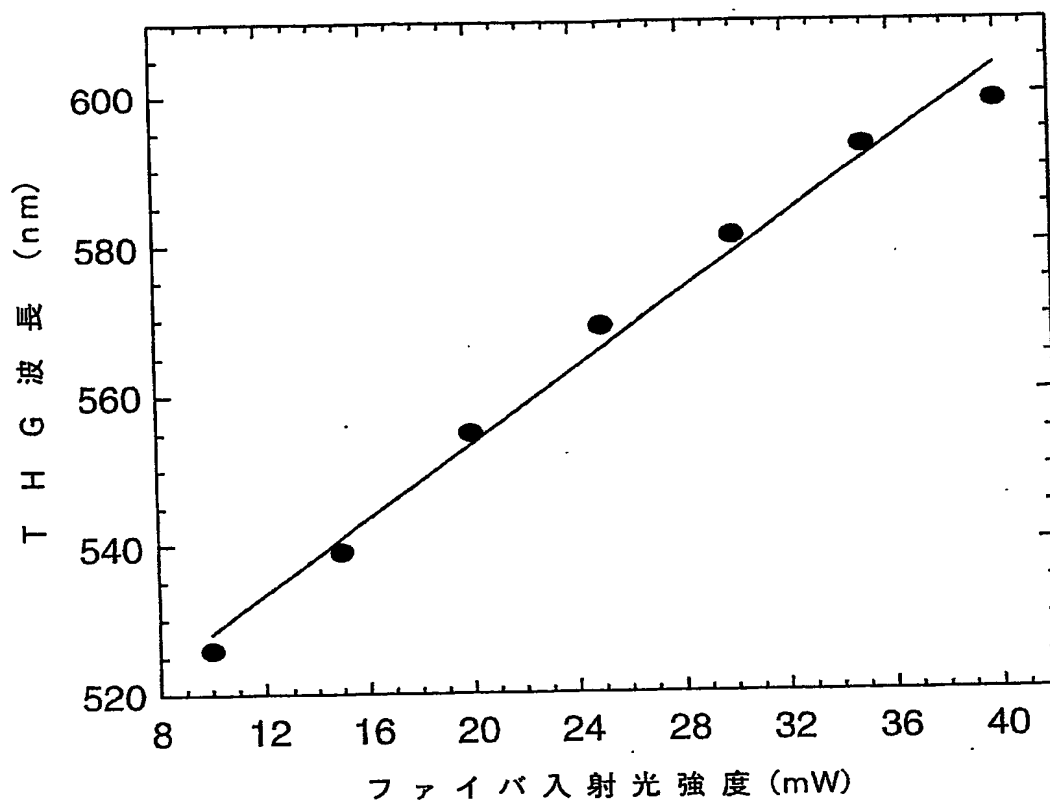


【図 7】

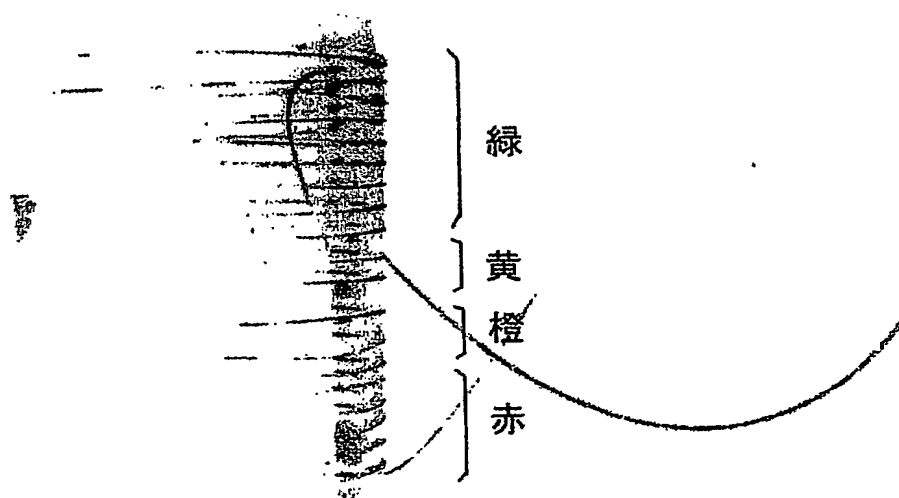




【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 可視光波長領域における波長可変短パルス光を生成することができる波長可変短パルス発生装置及び方法を提供する。

【解決手段】 光ファイバ3に超短パルス光を入射すると、ソリトン効果とラマン散乱による非線形光学効果によって、波長可変超短ソリトンパルスが生成される。このソリトンパルスの時間幅を短くし、かつピーク強度を高くしてやることにより、3次の非線形光学効果によって波長が $1/3$ の第3高調波を発生させることができ、これを利用して可視光領域短波長を得る。

【選択図】 図1

特願 2002-219278

出願人履歴情報

識別番号

[396020800]

1. 変更年月日

1998年 2月24日

[変更理由]

名称変更

住 所

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

氏 名

科学技術振興事業団